

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年11月14日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-346505

出 願 人

Applicant(s):

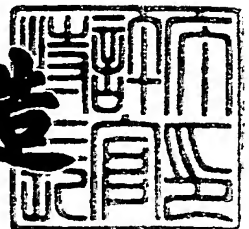
株式会社ニコン

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

2001年10月19日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

及 川 耕 造



【書類名】 特許願

【整理番号】 00-00733

【提出日】 平成12年11月14日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G01B 9/02

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン
内

 【氏名】 中山 繁

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン
内

 【氏名】 玄間 隆志

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン
内

 【氏名】 瀧川 雄一

【特許出願人】

 【識別番号】 000004112

 【氏名又は名称】 株式会社ニコン

 【代表者】 吉田 庄一郎

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 005223

 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

 【物件名】 明細書 1

 【物件名】 図面 1

 【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 形状測定方法および高精度レンズの製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

検出器により、被検面からの反射光である測定用光束と、フィゾー面からの反射光である参照用光束とを互いに干渉させ、該干渉による位相差を検出することにより、前記被検面の面形状を測定する形状測定方法において、

前記被検面の位相分布を測定する第一の工程と、

所定の基準原器を用意し、前記基準原器の位相分布を測定する第二の工程と、

前記第一の工程により測定された位相分布と、前記第二の工程により測定された位相分布とから算出された前記被検面の前記基準原器に対する形状差に、前記基準原器の所望の設計値からの形状差を補正することにより被検面の面形状を測定する形状測定方法であって、

前記基準原器の所望の設計値からの形状差は、回転対称誤差成分と非回転対称誤差成分とで表され、該回転対称誤差成分は、回転対称誤差高次成分と回転対称誤差低次成分とで表され、前記回転対称誤差高次成分は、予め測定された、前記基準原器を検定するための検定用原器の位相分布と、前記基準原器の位相分布との差のうち回転対称誤差高次成分を抽出することにより算出することを特徴とする被検面の面形状を測定する形状測定方法。

【請求項 2】

検出器により、被検面からの反射光である測定用光束と、フィゾー面からの反射光である参照用光束とを互いに干渉させ、該干渉による位相差を検出することにより、前記被検面の面形状を測定する形状測定方法において、

前記被検面の位相分布を測定する第一の工程と、

所定の基準原器を用意し、前記基準原器の位相分布を測定する第二の工程と、

前記第一の工程により測定された位相分布と、前記第二の工程により測定された位相分布とから算出された前記被検面の前記基準原器に対する形状差に、前記基準原器の所望の設計値からの形状差を補正することにより被検面の面形状を測定する形状測定方法であって、

前記基準原器の所望の設計値からの形状差は、回転対称誤差成分と非回転対称誤差成分とで表され、該回転対称誤差成分は、回転対称誤差高次成分と回転対称誤差低次成分とで表され、前記回転対称誤差高次成分は、予め測定された、前記基準原器を検定するための検定用原器の位相分布と、前記基準原器の位相分布との差のうち回転対称誤差高次成分を抽出し、前記検定用原器の設計値からの回転対称誤差高次成分を補正することにより算出することを特徴とする被検面の面形状を測定する形状測定方法。

【請求項 3】

前記検定用原器が、反射型回折光学素子、又は反射型回折光学素子及び球面光学素子からなる素子群であることを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の形状測定方法。

【請求項 4】

前記回転対称誤差低次成分は、前記被検面上の座標の偶数べき級数で 4 次以下の次数の級数であることを特徴とする請求項 1 から 3 記載のいずれか一項記載の形状測定方法。

【請求項 5】

前記被検面が、非球面であることを特徴とする請求項 1 から 4 記載のいずれか一項記載の形状測定方法。

【請求項 6】

請求項 1 ～請求項 5 のいずれか一項記載の形状測定方法を用いて、形状を測定する工程を有する高精度レンズの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、非球面により構成されたレンズ、ミラーなどの光学素子等の表面形状を高精度に測定するための形状測定方法及び高精度レンズ製造に関する。

【0 0 0 2】

【従来技術】

近年、高精度の光学機器の需要に伴い、その機器を構成するレンズやミラー等

の光学素子は高精度化する傾向にある。それに伴って、その光学素子の非球面形状を測定する非球面形状測定装置にも、同じように高い精度が求められるようになっていく。

【0003】

被検物の非球面の近似球面からの乖離（以下、非球面量という）が小さい場合は、球面測定用のフィゾー干渉計や、ピンホールによる回折波面を基準とする点回折干渉計（特開平2-228505号公報）などの干渉計を用いて測定できる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、球面測定用フィゾー干渉計や点回折干渉計を用いて、非球面量が大きな非球面を測定する場合、非球面上の各位置によって曲率半径が異なるため、干渉縞間隔が粗になる領域は一部であり、残りの領域では干渉縞間隔は密になり測定が出来なくなる。

【0005】

また、非球面用フィゾー干渉計を用いて測定する場合、非球面原器が用いられるが、高精度な非球面形状に加工された非球面用原器を得ることは、困難である。

【0006】

そこで、本発明は従来のこのような問題点に鑑みてなされたものであり、精度良く非球面レンズの非球面形状を測定することが可能な非球面形状測定方法及び高精度レンズ製造方法を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】

前記課題を解決するために第一の手段として、検出器により、被検面からの反射光である測定用光束と、フィゾー面からの反射光である参照用光束とを互いに干渉させ、該干渉による位相差を検出することにより、前記被検面の面形状を測定する形状測定方法において、

前記被検面の位相分布を測定する第一の工程と、

所定の基準原器を用意し、前記基準原器の位相分布を測定する第二の工程と、

前記第一の工程により測定された位相分布と、前記第二の工程により測定された位相分布とから算出された前記被検面の前記基準原器に対する形状差に、前記基準原器の所望の設計値からの形状差を補正することにより被検面の面形状を測定する形状測定方法であって、

前記基準原器の所望の設計値からの形状差は、回転対称誤差成分と非回転対称誤差成分とで表され、該回転対称誤差成分は、回転対称誤差高次成分と回転対称誤差低次成分とで表され、前記回転対称誤差高次成分は、予め測定された、前記基準原器を検定するための検定用原器の位相分布と、前記基準原器の位相分布との差のうち回転対称誤差高次成分を抽出することにより算出することを特徴とする被検面の面形状を測定する形状測定方法（請求項 1）を提供する。

【 0 0 0 8 】

前記課題を解決するために第二の手段として、検出器により、被検面からの反射光である測定用光束と、フィゾー面からの反射光である参照用光束とを互いに干渉させ、該干渉による位相差を検出することにより、前記被検面の面形状を測定する形状測定方法において、

前記被検面の位相分布を測定する第一の工程と、

所定の基準原器を用意し、前記基準原器の位相分布を測定する第二の工程と、

前記第一の工程により測定された位相分布と、前記第二の工程により測定された位相分布とから算出された前記被検面の前記基準原器に対する形状差に、前記基準原器の所望の設計値からの形状差を補正することにより被検面の面形状を測定する形状測定方法であって、

前記基準原器の所望の設計値からの形状差は、回転対称誤差成分と非回転対称誤差成分とで表され、該回転対称誤差成分は、回転対称誤差高次成分と回転対称誤差低次成分とで表され、前記回転対称誤差高次成分は、予め測定された、前記基準原器を検定するための検定用原器の位相分布と、前記基準原器の位相分布との差のうち回転対称誤差高次成分を抽出し、前記検定用原器の設計値からの回転対称誤差高次成分を補正することにより算出することを特徴とする被検面の面形状を測定する形状測定方法（請求項 2）を提供する。

【 0 0 0 9 】

前記課題を解決するために第三の手段として、前記検定用原器が、反射型回折光学素子、又は反射型回折光学素子及び球面光学素子からなる素子群であることを特徴とする請求項1又は2記載の形状測定方法（請求項3）を提供する。

【0010】

前記課題を解決するために第四の手段として、前記回転対称誤差低次成分は、前記被検面上の座標の偶数べき級数で4次以下の次数の級数であることを特徴とする請求項1から3記載のいずれか一項記載の形状測定方法（請求項4）を提供する。

【0011】

前記課題を解決するために第五の手段として、前記被検面が、非球面であることを特徴とする請求項1から4記載のいずれか一項記載の形状測定方法（請求項5）を提供する。

【0012】

前記課題を解決するために第六の手段として、請求項1～請求項5のいずれか一項記載の形状測定方法を用いて、形状を測定する工程を有する高精度レンズの製造方法（請求項6）を提供する。

【0013】

【発明の実施形態】

以下、本発明の実施の形態の形状測定装置の図面を参照して説明する。

図1は、実施形態の非球面形状測定に用いられる形状測定装置10の概略を示す図である。

【0014】

1は光源、2はビームエキスパンダー、3は偏光ビームスプリッター、4は1/4波長板、5はフィゾー部材、6は波面変換手段、7は被検物（非球面レンズ）、

8は基準原器、9はビーム径変換光学系、11は2次元画像検出器、12は検定用原器、13はコンピュータである。

【0015】

本実施形態の非球面形状測定装置10では、光源1から射出した直線偏光した

光ビーム L はビームエキスパンダー 2 でビーム径を変換され、偏光ビームスプリッタ（以下、PBS という）3 に入射する。この光ビーム L の偏光面は、PBS 3 で反射されるように選択されている。

【 0 0 1 6 】

PBS 3 で反射された光ビーム L は 1 / 4 波長板 4 を経て、フィゾー部材 5 へ入射する。フィゾー部材 5 に入射した光ビーム L は、フィゾー部材 5 の参照平面（フィゾー面）5 a を透過する測定光 LM と、参照平面 5 a で反射される参照光 LR とに分割される。

【 0 0 1 7 】

測定用光束 LM は、所定の位置に配置された被検物 7、基準原器 8、又は検定用原器 1 2 で反射され、再び波面変換手段 6、フィゾー部材 5、1 / 4 波長板 4 を経て PBS 3 へ入射する。測定用光束 LM は往復で 1 / 4 波長板を 2 度通過して偏光面が 9 0 度回転しており、PBS 3 を透過する。PBS 3 を透過した測定用光束 LM はビーム径変換光学系 9 でビーム径を変換され、2 次元画像検出器 1 1 に入射する。一方、フィゾー部材 5 で反射した光束は参照用光束 LR として用いられる。参照用光束 LR は、1 / 4 波長板 4 を経て、PBS 3 を透過し、2 次元画像検出器 1 1 に入射し、測定用光束 LM と参照用光束 LR の干渉縞が検出される。

【 0 0 1 8 】

検定用原器 1 2 として用いられるゾーンプレートは、その描画パターンに倍率誤差が存在しても、ほとんどが低次の測定誤差となるので、基準原器の形状差のうち回転対称誤差高次成分を高精度に検定することができる。

【 0 0 1 9 】

ゾーンプレートのパターンピッチが細くなるほど、パターン誤差の測定への影響が大きくなる。そこで、ゾーンプレートと球面レンズを組み合わせ、パターンピッチを粗くすることができる。この場合、組み合わせる球面レンズの曲率半径、中心厚や空気間隔の誤差が測定誤差となりうる。しかし、この測定誤差は、ほとんどが低次成分であり、高次成分は高精度に検定することができる。

【 0 0 2 0 】

この様子を図 2 を例に説明する。図 2 は、組み合わせる球面レンズとゾーンプレートとの配置間隔に $5\ \mu\text{m}$ の誤差がある状態と理想状態との得られる干渉縞位相分布の差、即ち形状測定誤差を表したものである。

【 0 0 2 1 】

実線が回転対称誤差成分を示し、点線がその回転対称誤差成分のうち回転対称誤差高次成分（低次成分を除いたもの）を示している。図 2 により、球面レンズとゾーンプレートとの間隔の誤差が、回転対称誤差高次成分に影響しないことを示している。この性質は、配置間隔だけでなく、曲率半径や中心厚にも当てはまることである。

【 0 0 2 2 】

検定用原器 1 2 としては、代表的に、反射型の位相ゾーンプレートが用いられるが、設計形状に相当する波面を入射した場合、同じ波面を維持した状態で反射する機能を果たせばよいので、その様な機能を果たす反射平面や反射球面と球面レンズを組み合わせた光学系であってもよい。この場合も、曲率半径、中心厚や空気間隔の誤差の影響は低次成分に及ぼされるのみなので、基準原器の回転対称誤差高次成分を高精度に検定することが可能になる。

【 0 0 2 3 】

波面変換手段 6 は、入射波面が被検物 7 の非球面 7 a、又は基準原器 8 に対して、概ね垂直に同位相で入射する波面に変換するように設計されている。

フィゾー部材 5 の不図示の保持機構には、 piezo 素子が設けられている。この piezo 素子により、フィゾー部材 5 を光軸方向に微小に移動させて、周知の位相シフト干渉法により、高精度に被検物 7、基準原器 8、検定用原器 1 2 の位相分布を測定することができる。

【 0 0 2 4 】

また、被検物 7、基準原器 8 又は検定用原器 1 2 の不図示の保持機構に、piezo 素子を設けてもよい。この piezo 素子により、被検物 7、基準原器 8 又は検定用原器 1 2 を光軸方向に微小に移動させて、周知の位相シフト干渉法により、高精度に被検物 7、基準原器 8、検定用原器 1 2 の位相分布を測定することができる。

【 0 0 2 5 】

ビーム径変換光学系 9 は、被検物 7 の非球面 7 a の像を 2 次元画像検出器 1 1 に結像する役割も兼ねており、非球面の形状を正確に検出するために、歪曲収差を抑えた設計が好ましい。

【 0 0 2 6 】

歪曲収差の設計値や実測値を用いて、干渉縞の横座標を補正することにより、非球面上の座標と 2 次元画像検出器 1 2 上での座標とを正確に関係付けることができる。

【 0 0 2 7 】

本発明の実施形態にかかる非球面形状測定方法の手順を図 3 を参照しながら説明する。

被検物である非球面レンズの形状差（非球面設計値からの形状差）は、回転対称誤差成分と非回転対称誤差成分とからなる。

【 0 0 2 8 】

その回転対称誤差成分は、被検面上の座標に対して緩やかに変化する成分（以下、低次成分という）と残差成分（以下、高次成分という）との 2 つの成分の和として表される。

【 0 0 2 9 】

回転対称誤差低次成分を被検面上の座標の 2 次と 4 次の関数 $\delta(y) = a_2 \cdot y^2 + a_4 \cdot y^4$ で表す。

なお、6 次項まで用いたり、周知の Zernike 多項式の低次成分 $(\delta'(\rho) = b_0 + b_1(2\rho^2 - 1) + b_2(6\rho^4 - 6\rho^2 + 1))$ を用いることも可能である。

【 0 0 3 0 】

被検物 7 の非球面形状の所望の設計値からの形状差は、基準原器 8（非球面レンズ用）を用いて測定する。

即ち、被検物 7 の非球面の位相分布と、基準原器 8 の位相分布との比較により、被検非球面の基準原器に対する位相分布差（以下、形状差という） $\Delta W'$ を算出し、後述する基準原器の設計値に対する形状差を補正することにより、被検非

球面形状の設計値に対する形状差を算出する。

【0031】

位相分布の測定は、周知の位相シフト干渉法を用いることが好ましい。

形状差 $\Delta W'$ は、形状測定装置10のコンピュータ13により算出され、基準原器の誤差補正値は、コンピュータ13内に予め入力されている。

【0032】

その場合、基準原器（非球面レンズ用）の所望の設計値に対する形状差（回転対称誤差高次成分（A）、回転対称誤差低次成分（B）、非回転対称誤差成分（C））を測定しておく必要がある。

（1）まず、基準原器の設計値に対する形状差のうち、回転対称誤差高次成分は、以下の方法により測定する。

- ①検定用原器を非球面形状測定装置10の所定の保持位置に設定する。
- ②検定用原器の位相分布 W_A を測定する。

【0033】

位相分布の測定は、周知の位相シフト干渉法を用いる。

- ③基準原器を非球面形状測定装置10の所定の保持位置に設定する。
- ④基準原器の位相分布 W_B を測定する。
- ⑤検定用原器の位相分布 W_A と基準原器の位相分布 W_B との差である基準原器の検定用原器に対する形状差 ΔW を算出する。

形状差 ΔW のうち、回転対称誤差成分（ ΔW_r ）を抽出し、前述した $\delta(y)$ 関数でフィッティングを行い、2次、4次成分（低次成分）とそれ以外の成分（高次成分）に分離する。

【0034】

これにより回転対称誤差高次成分 ΔW_{rh} を算出する。

- ⑥この回転対称誤差高次成分 ΔW_{rh} に、検定用原器の設計値からの回転対称誤差高次成分 ΔW_x を補正して、基準原器の設計値からの回転対称誤差高次成分（A）を算出する。

【0035】

$$A = \Delta W_{rh} + \Delta W_x$$

検定用原器の設計値からの回転対称誤差高次成分は、検定用原器として位相ゾーンプレートを用いた場合、パターン平面の面精度の測定と座標測定機を用いたパターン位置測定結果より算出する。

(2) 基準原器の設計値に対する形状差のうち、回転対称誤差低次成分 (B) は、触針式の形状測定装置により測定し、その測定値から回転対称誤差成分 (ΔW_R) を抽出し、前述した $\delta(y)$ 関数でフィッティングを行い、2次、4次成分 (低次成分) とそれ以外の成分 (高次成分) に分離することにより算出する。

(3) 基準原器の設計値に対する形状差のうち、非回転対称成分 (C) は、基準原器を基準位置から単位回転角度 θ だけ回転する毎に測定した複数の位相分布を平均化処理することにより高精度の測定することができる。

(4) 基準原器の設計値に対する形状差は、前述した (1) (2) (3) から算出した回転対称誤差高次成分 (A) と回転対称誤差低次成分 (B) と非回転対称成分 (C) との和である。

【0036】

以上のように、本実施形態では、被検物として非球面レンズを用いて説明したが、球面レンズに対しても適用できることは、言うまでもない。

実施形態の形状測定方法は、高精度レンズの製造工程中で用いられる。

【0037】

被検物の設計値に対する形状差は、実施形態の形状測定方法により測定し、設計値からの形状差を公知の加工、研磨方法により研磨する。

研磨後、再度、被検物の設計値に対する形状差を、実施形態の形状測定方法により測定する。

【0038】

このような工程を、被検物の設計値に対する形状差が、許容範囲内に収まるまで行う。

【0039】

【発明の効果】

以上説明したとおり、本発明の実施形態の非球面形状測定方法によれば、非球面量が大きな非球面レンズであっても高精度に形状を測定することができる

【 0 0 4 0 】

また、非球面形状を高精度に測定することによって、高精度なレンズを製造することも可能である。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 実施形態の非球面形状測定装置の概略構成図である。

【図 2】 組み合わせる球面レンズとゾーンプレートとの配置間隔に $5 \mu\text{m}$ の誤差がある状態と理想状態との形状差を表したものである。

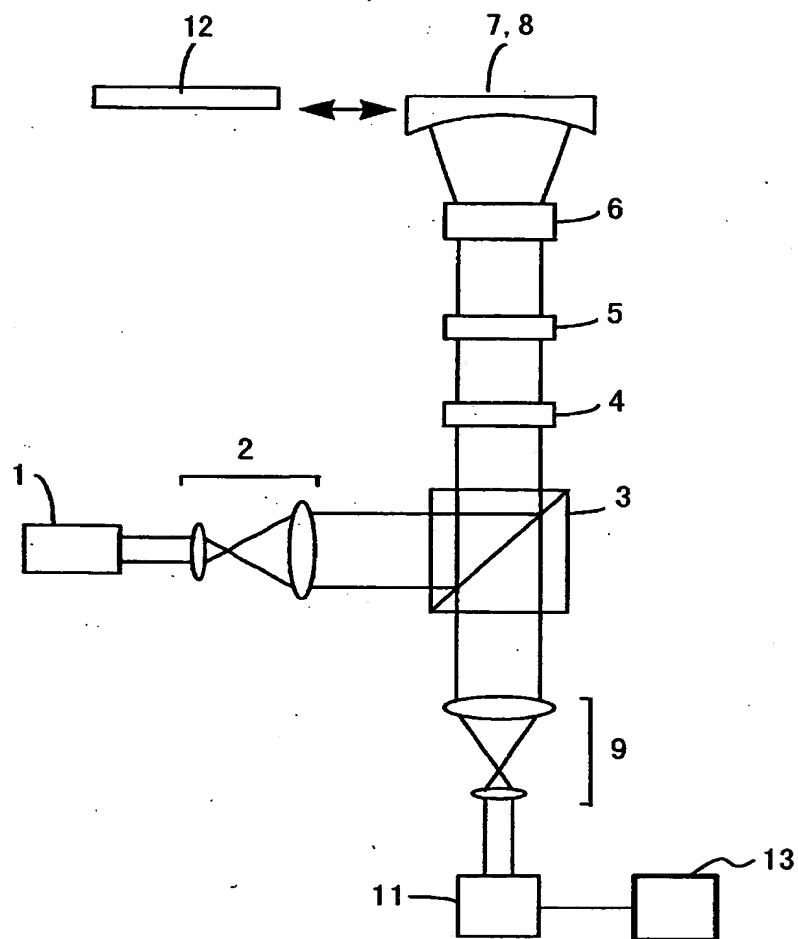
【図 3】 実施形態の非球面形状測定の手順を示す図である。

【符号の説明】

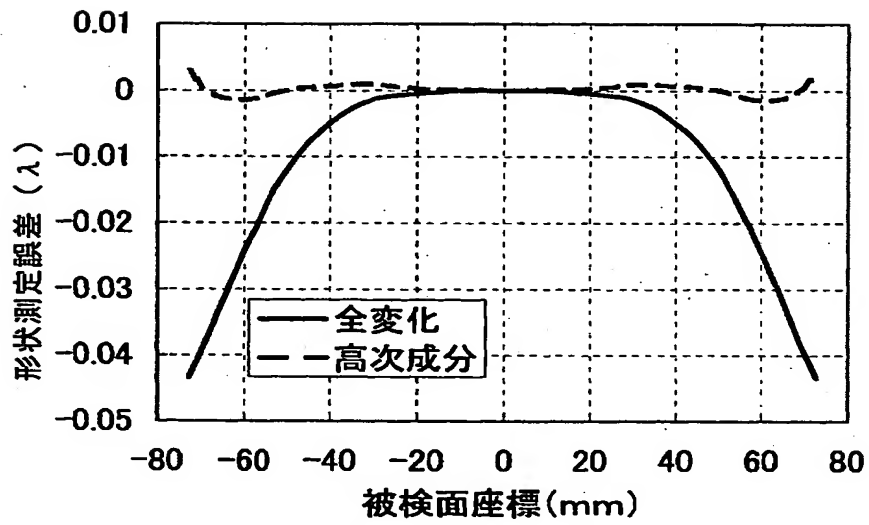
- 1 . . . 光源
- 2 . . . ビームエキパンダー
- 3 . . . 偏光ビームスプリッタ
- 4 . . . $1/4$ 波長板
- 5 . . . フィソー部材
- 6 . . . 波面変換手段
- 7 . . . 被検物（非球面レンズ）
- 8 . . . 基準原器
- 9 . . . ビーム径変換光学系
- 10 . . . 面形状測定装置
- 11 . . . 2次元画像検出器
- 12 . . . 検定用原器
- 13 . . . コンピュータ

【書類名】 図面

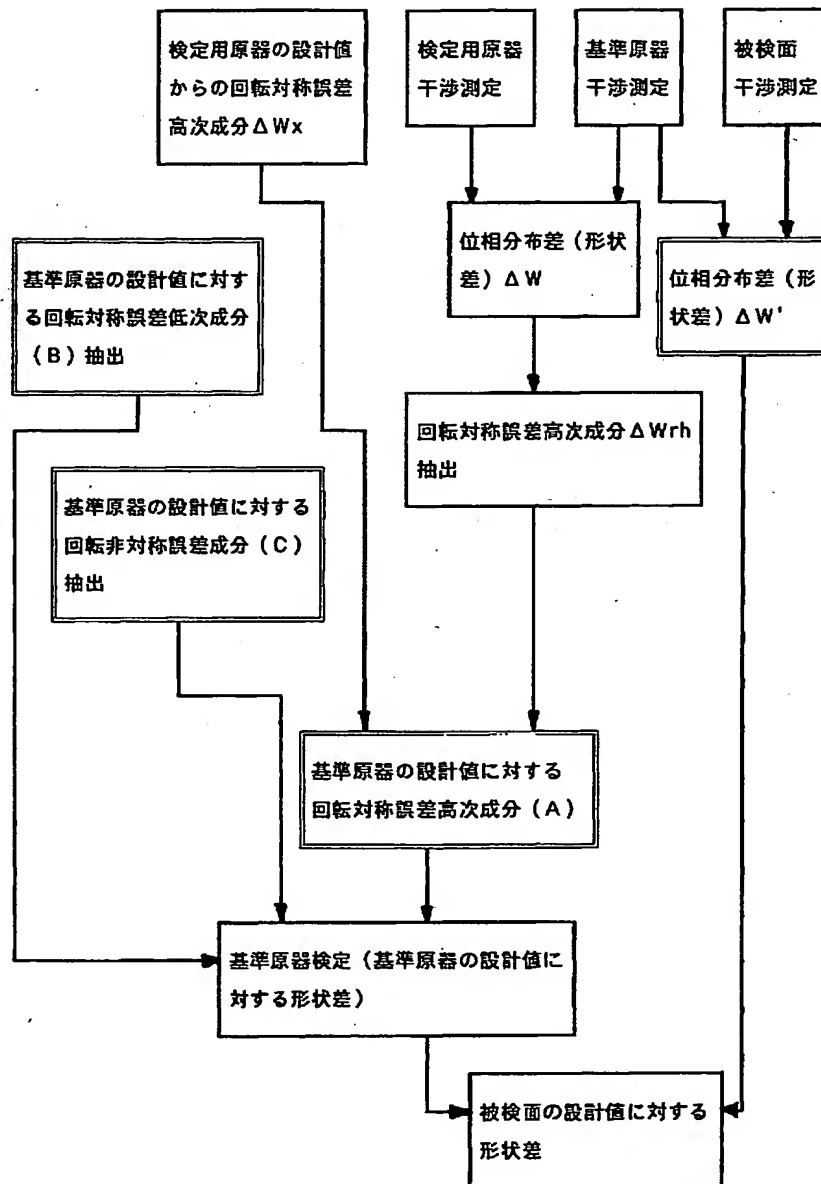
【図 1】



【图 2】



【図 3】



【書類名】 要約書

【要約】

【目的】 精度良く非球面レンズの非球面形状を測定することが可能な非球面形状測定方法及び高精度レンズ製造方法を提供する。

【解決手段】 検出器により、被検面からの反射光である測定用光束と、フィソ一面からの反射光である参照用光束とを互いに干渉させ、該干渉による位相差を検出することにより、前記被検面の面形状を測定する形状測定方法において、

前記被検面の位相分布を測定する第一の工程と、所定の基準原器を用意し、前記基準原器の位相分布を測定する第二の工程と、前記第一の工程により測定された位相分布と、前記第二の工程により測定された位相分布とから算出された前記被検面の前記基準原器に対する形状差に、前記基準原器の所望の設計値からの形状差を補正することにより被検面の面形状を測定する形状測定方法であって、

前記基準原器の所望の設計値からの形状差は、回転対称誤差成分と非回転対称誤差成分とで表され、該回転対称誤差成分は、回転対称誤差高次成分と回転対称誤差低次成分とで表され、前記回転対称誤差高次成分は、予め測定された、前記基準原器を検定するための検定用原器の位相分布と、前記基準原器の位相分布との差のうち回転対称誤差高次成分を抽出することにより算出することを特徴とする被検面の面形状を測定する形状測定方法。

【選択図】 図 3

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000004112]

1. 変更年月日 1990年 8月29日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

氏 名 株式会社ニコン

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER: _____**

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.